Obtenir et exploiter des sons musicaux
Terminale S

[Par Matthieu Brivet – http://mbrivet.free.fr]

→ Dernière modification : le 10/01/2013.

Ce mode d'emploi présente :
- une (et pas « la ») méthode pour obtenir sur son ordinateur des fichiers musicaux contenant des notes jouées par des instruments.
- des exemples d'exploitation de ces fichiers.

I/ Installation des logiciels nécessaires :

Tous les logiciels utilisés sont gratuits.
Pour commencer, voici une petite présentation des logiciels nécessaires :

→ Piano Virtuel Midi (La version 6.1 a été utilisée pour ce mode d'emploi.)
Ce logiciel permet à l'ordinateur de "jouer" un grand nombre d'instruments, c'est un synthétiseur sur ordinateur.

Capture d'écran de la fenêtre du logiciel :

Pour télécharger la version 6.1 : http://mbrivet.free.fr/index.php?rubrique=profs

→ Freecorder Toolbar (La version 7 a été utilisée sous le navigateur « Chrome »)
Lorsqu'on installe cette extension, elle s'insère en fait dans les navigateurs ***Firefox***, ***Internet Explorer*** et ***Chrome***. Elle permet d'enregistrer les sons qui sont envoyés depuis la carte son vers les haut-parleurs de l'ordinateur.
D'autres logiciels permettent cette opération (comme ***Audacity***) mais ***Freecorder*** a l'avantage de déclencher automatiquement l'enregistrement lorsque le son commence et l'arrête lorsque le son cesse et surtout aucun réglage compliqué n'est nécessaire (comme cela peut être le cas sous ***Audacity***) . On peut donc jouer plusieurs notes à la suite et l'extension crée autant de fichiers que de notes jouées.
- Les fichiers obtenus sont au format wav ou mp3.

*Capture d'écran de la barre d'outil **Freecorder** sous **Chrome** ci-contre :*

Pour télécharger la version 7 : http://mbrivet.free.fr/index.php?rubrique=profs

Après l'installation la barre doit apparaître dans le navigateur.

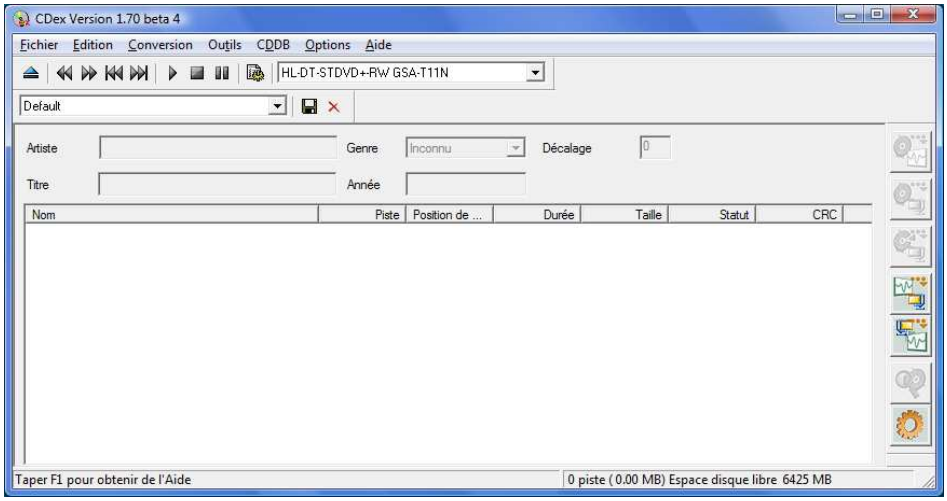
- Sous ***Chrome*** : l'application apparaît à droite de la barre d'adresse :
- Sous ***Firefox*** : Elle apparaît aussi à droite de l'écran sur la ligne de la barre d'adresse.

La suite du mode d'emploi sera détaillée sous ***Chrome*** (Les manipulations sont les mêmes sous ***Firefox***).

→ *Cdex (Version 1.70 Beta 4)*

Ce logiciel permet de transformer les fichiers mp3 en wav. Il vous est inutile si vous avez l'habitude d'utiliser un autre outil pour effectuer cette conversion.

Capture d'écran de la fenêtre du logiciel :

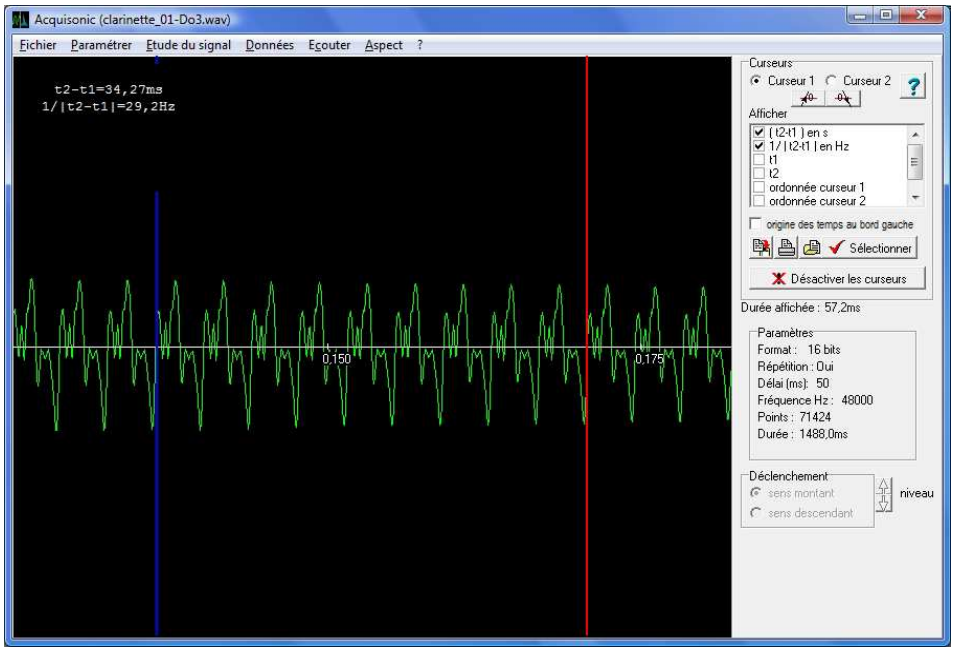


Pour télécharger la version 1.70 :
http://www.01net.com/telecharger/windows/Multimedia/encodeurs_et_decodeurs/fiches/1077.html

→ *Acquisonic (version 1.3)*

Ce logiciel, extrêmement simple à utiliser, permet de visualiser des signaux issus de fichiers sonores au format wav, d'en déterminer la fréquence grâce à des curseurs, d'en faire l'analyse spectrale, d'exporter les graphes obtenus.
Il permet aussi d'effectuer des acquisitions directement depuis la carte son.
Il n'a pas « d'install », c'est un simple exécutable !

Capture d'écran de la fenêtre du logiciel :



Pour le télécharger :
http://www.scientillula.net/logiciels/acquisonic/acquisonic.zip
(Depuis le site de l'auteur : Nathalie Bonnin - http://www.scientillula.net/)

Un tutoriel est disponible depuis l'académie de Reims :
http://www.ac-reims.fr/datice/sc_physiques/docs/sons/tutoacquisonic.htm

II/ Obtention des fichiers sonores :

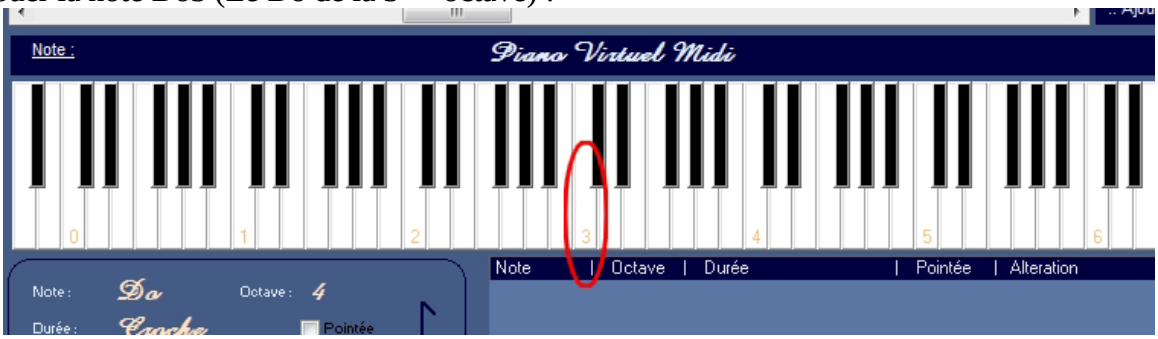
On va maintenant détailler comment obtenir un fichier wav contenant un son musical issu d'un instrument de musique virtuel.

1. Il faut d'abord vérifier que le son de votre ordinateur soit actif. Il ne faut pas le régler trop fort. (Cela peut entraîner des grésillements.) Un niveau moyen convient bien.

2. On lance ensuite ***Piano Virtuel Midi***.
On sélectionne l'instrument qu'on souhaite utiliser. Il est plus facile de travailler avec des instruments à vent qui permettent de tenir la note dans le temps.

Pour cet exemple on a choisi « Harmo2 » (un harmonica) :

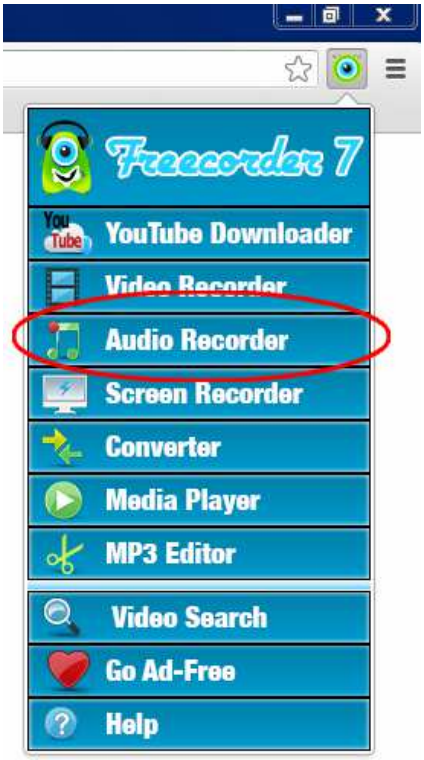
On choisit la note qu'on souhaite jouer.
Sur le clavier figurent des chiffres en orange allant de 0 jusqu'à 7 : ce sont les numérotations des octaves.
On va jouer la note Do3 (Le Do de la 3ème octave) :



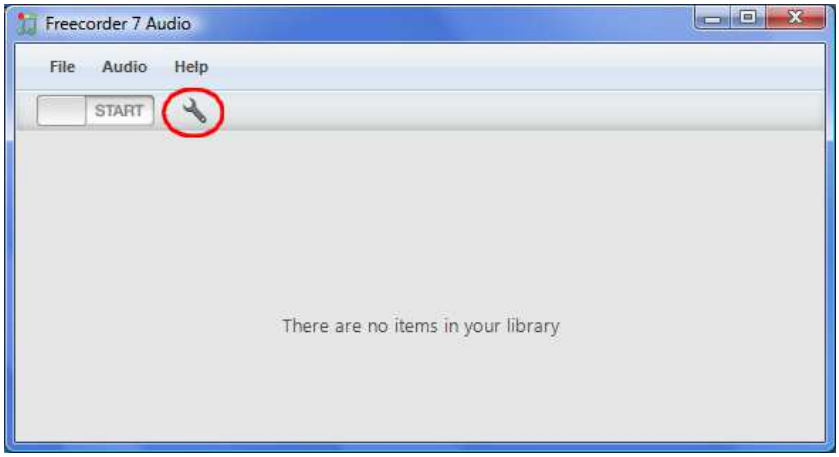
On est prêt pour l'enregistrement !

3. On ouvre le navigateur (pour ce mode d'emploi, ***Chrome)*** puis on déroule le menu de ***Freecorder*** en appuyant sur le bouton .

On choisit ensuite « ***Audio Recorder*** ». (Cf Capture ci-contre).

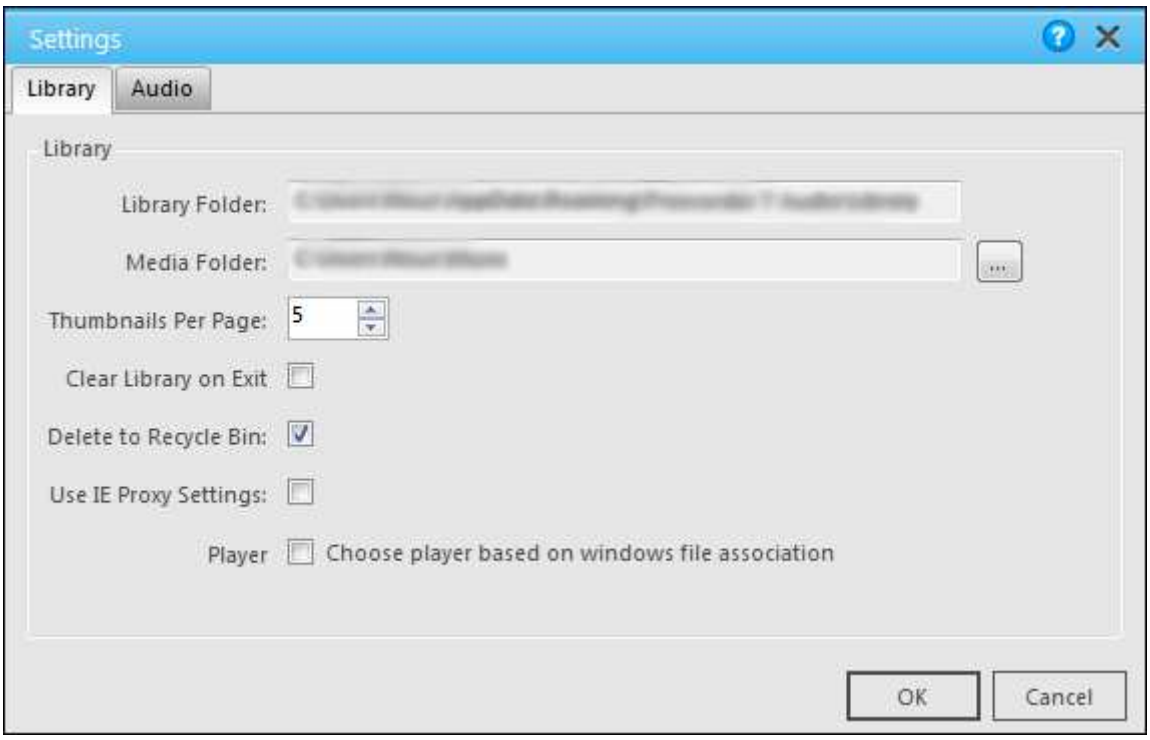


On obtient la fenêtre ci-dessous :



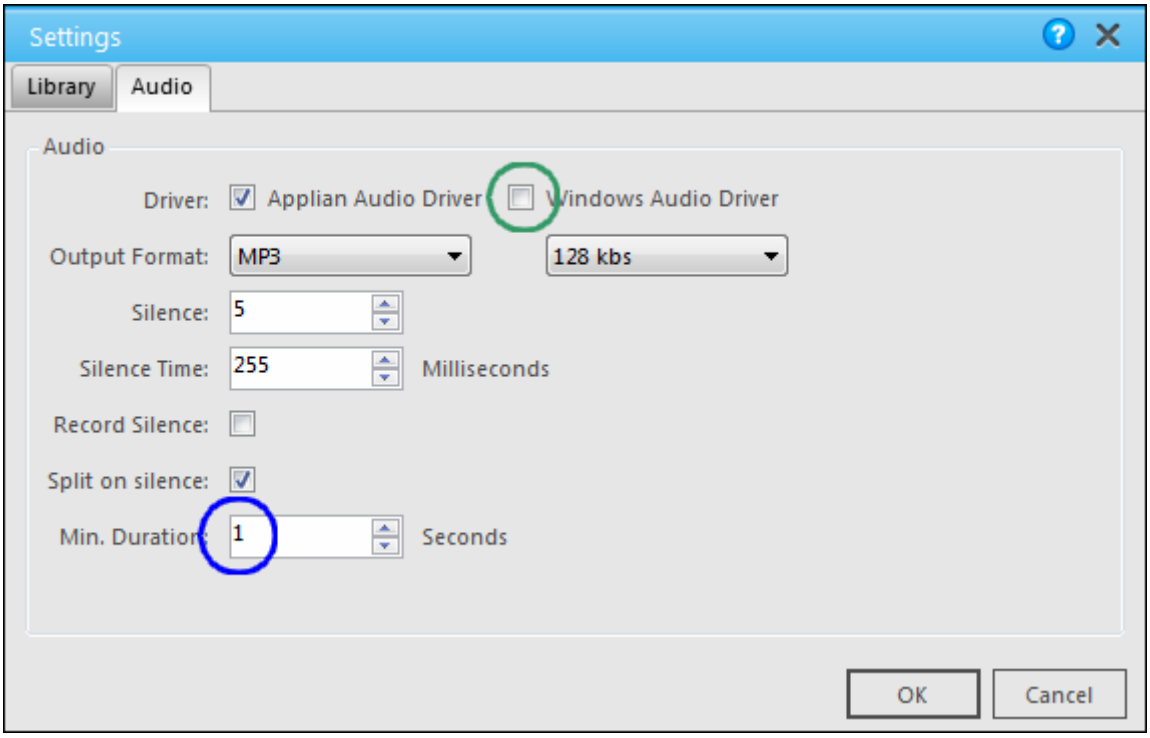
On va régler les paramètres de l'acquisition en appuyant sur le bouton « settings » (bouton entouré en rouge sur la capture ci-dessus.)

Une nouvelle fenêtre s'ouvre avec deux onglets disponibles :



→ Sous l'onglet « **Library** », on peut choisir le dossier vers lequel sera envoyé le fichier enregistré grâce au bouton à droite de « **Media Folder** ».

→ Sous l'onglet « **Audio** », on peut modifier les paramètres d'acquisition du fichier sonore. 2 modifications sont nécessaires :



→ On décoche « **Windows Audio Driver** » (en vert sur la capture ci-dessus.). Le "driver" définit la méthode que va utiliser ***Freecorder*** pour enregistrer le fichier. Si vous laissez les deux cases cochées vous aurez deux fichiers correspondant au même son : un enregistré par « **Applian Audio Driver** », l'autre par « **Windows Audio Driver** ».
Sur le site de ***Freecorder*** il est préconisé d'utiliser « **Windows Audio Driver** » uniquement si l'enregistrement ne fonctionnait pas avec « **Applian Audio Driver** ».

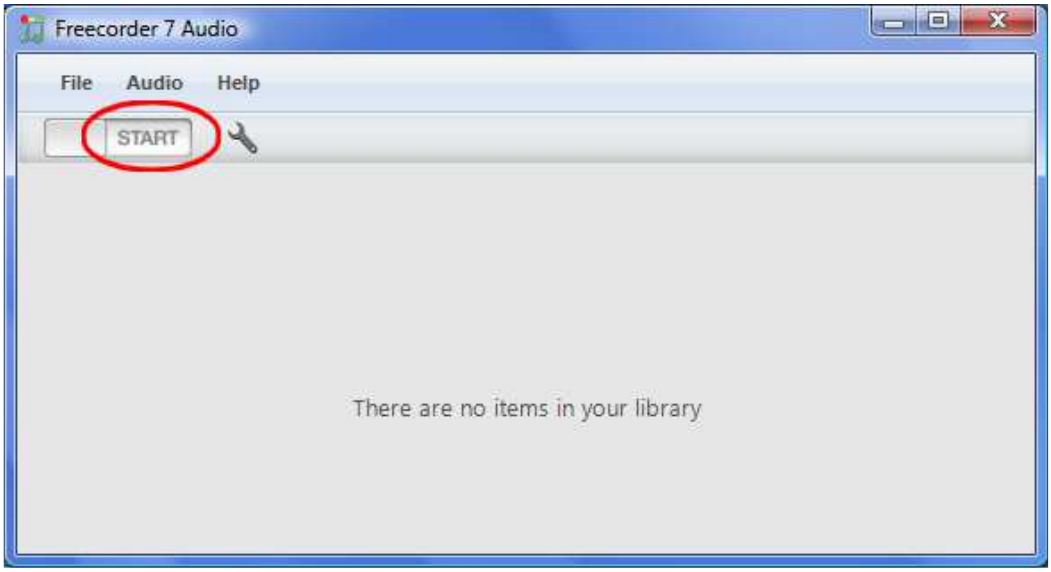
→ Il faut aussi rentrer la valeur « 1 » comme indiqué sur la capture ci-dessus en bleu :
Cette valeur correspond à la durée minimale à partir de laquelle ***Freecorder*** enregistre le son. Par défaut cette valeur est réglée à 10. Il faudrait donc jouer la note au moins 10 secondes pour que l'application enregistre le son ! En la réglant sur « 1 », on aura besoin de jouer la note que pendant 1 seconde.

L'option « **Split on silence** » est cochée ce qui signifie que ***Freecorder*** va découper les fichiers dès qu'il repère un silence de 255 ms (valeur réglée dans le champ « **Silence Time »**).

La valeur « 5 » qui apparaît dans le champ « **Silence** » correspond au niveau pour lequel ***Freecorder*** estime que le son est un « silence » ou non. Cette valeur est comprise entre 0 et 255 mais il n'est pas nécessaire de la modifier.

→ On choisit le format **mp3** pour le fichier qui sera enregistré.
On peut aussi régler la fréquence d'échantillonnage des mp3 : 128 kbit/s suffisent.
On peut enregistrer des fichiers en qualité CD (256 kbit/s) mais les résultats ne seraient pas meilleurs.
Remarque très importante :
On peut choisir directement comme format de sortie le « wav ». Problème : les fichiers wav créés avec ***Freecorder*** sont impossibles à ouvrir avec ***Acquisonic*** ! Donc inexploitables !!
J'ai donc fait le choix de les enregistrer en mp3 puis de les convertir en wav.
Si vous souhaitez enregistrer directement en wav, il faut choisir « wav » en format de sortie, les manipulations étant identiques par la suite.

On lance ensuite l'enregistrement du son dans ***Freecorder*** en appuyant sur le bouton « **START** ».
Capture d'écran :

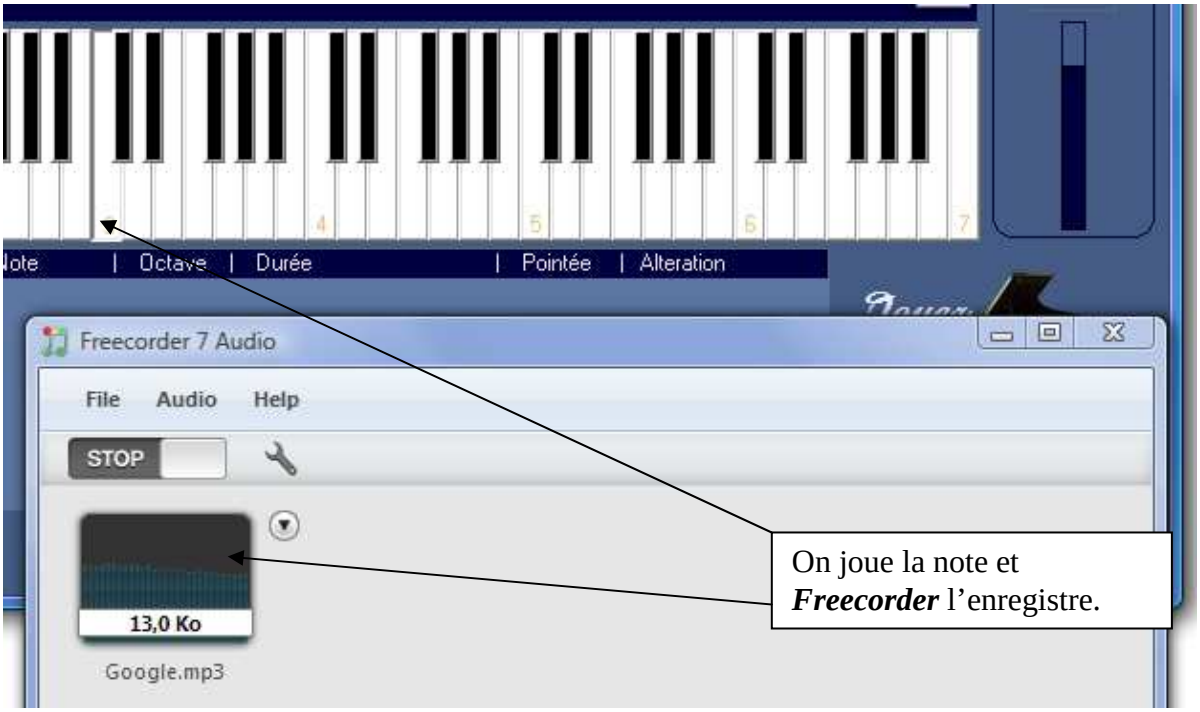


L'application attend avant d'enregistrer qu'un signal soit envoyé vers les haut-parleurs de l'ordinateur.
On a donc le temps de jouer la note !

*Capture d'écran de **Freecorder** en attente ci-dessous.*

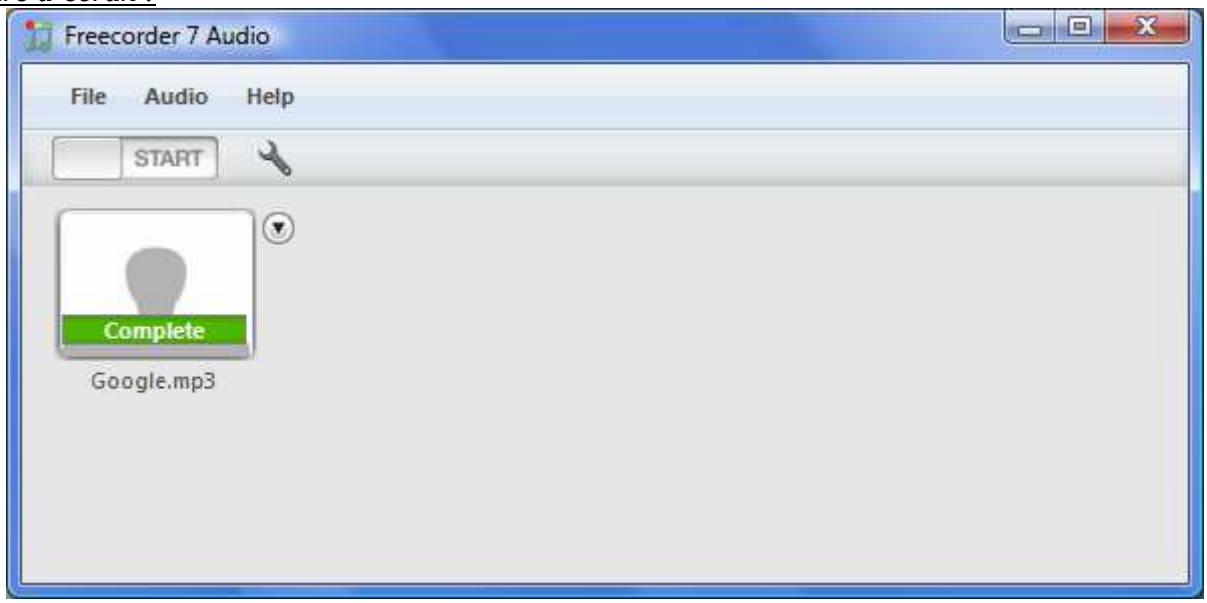
Par défaut, le fichier sera nommé à partir de l'adresse web du site Internet sur lequel vous êtes lorsque vous enregistrez le son (ici google.fr).
On pourra changer le nom par la suite pour s'y retrouver plus facilement.

On joue la note depuis ***Piano Virtuel Midi*** (pendant la durée qu'on souhaite) :

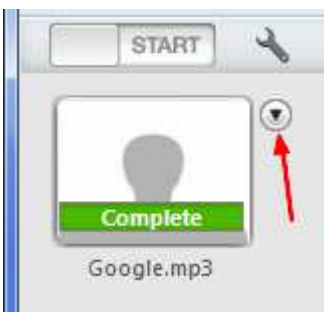


On joue la note une seconde environ. Lorsqu'on arrête de jouer la note on a le temps d'arrêter l'enregistrement puisque ***Freecorder*** coupe automatiquement l'enregistrement dès que le son cesse. On appuie alors sur le bouton « **STOP** ». ***Freecorder*** attends quelques instants puis arrête l'enregistrement en indiquant que celui-ci est « complet ».

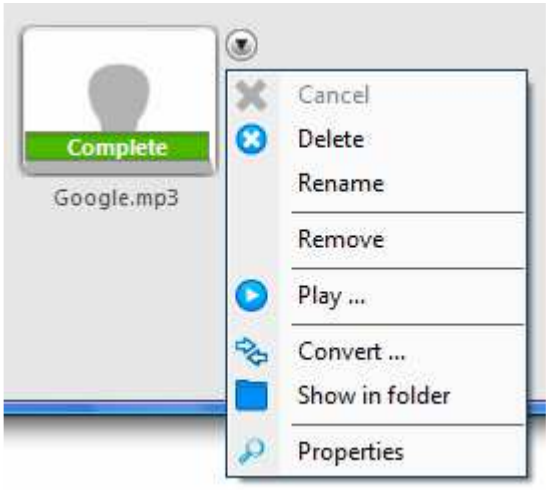
Capture d'écran :



On va pouvoir modifier les paramètres du fichier obtenu (nom etc) en appuyant sur la petite flèche à côté du fichier : *cf flèche rouge sur la capture ci-contre*.



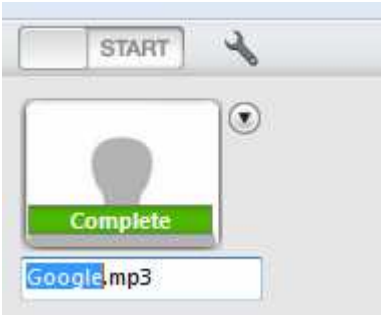
Un menu déroulant apparaît :



Depuis ce menu on peut :

→ directement supprimer l'enregistrement (« **Delete** »)

→ renommer le fichier (« **Rename** »). On va par exemple le renommer : **Harmonica-Do3.mp3**
On sélectionne donc « **Rename** ».



- on tape **Harmonica-Do3** à la place de **Google**

- on valide avec la touche « **Entrée** » du clavier.

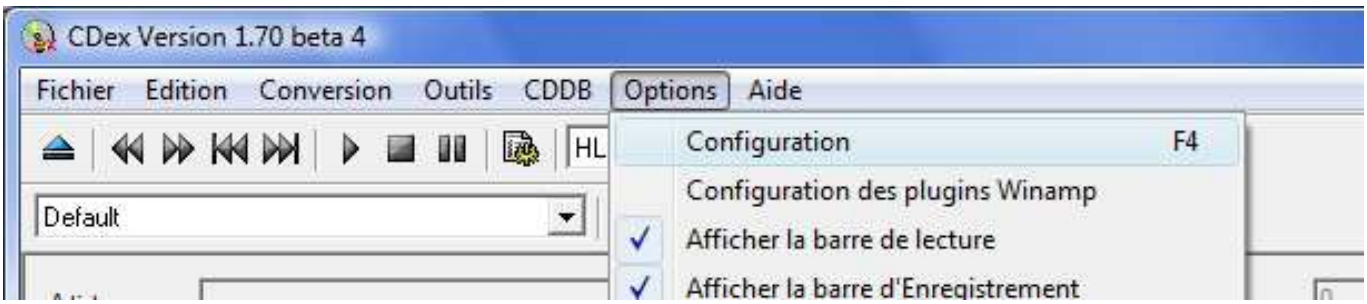
→ « **Remove** » permet de ne plus faire apparaître la vignette représentant le fichier sous la fenêtre ***Freecorder*** mais le fichier n'est pas supprimé.
→ « **Play** » permet de lire le fichier
→ « **Convert** » permet de convertir le fichier dans un autre format
→ « **Show in folder** » permet de faire apparaître le dossier dans lequel a été enregistré le fichier (commande assez pratique !)
→ « **Properties** » permet d'afficher les propriétés du fichier.

4. Pour pouvoir exploiter le fichier avec ***Acquisonic***, il faut le convertir au format wav. Si cette manipulation vous est familière, le paragraphe qui vient vous est inutile.

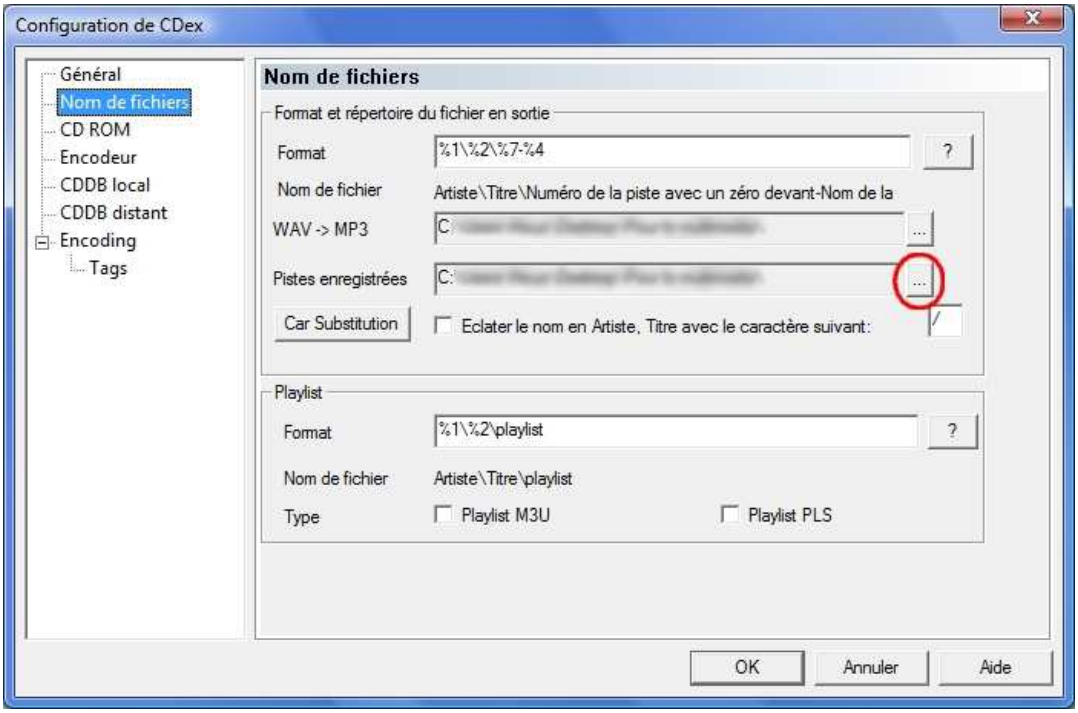
On va alors ouvrir le logiciel ***Cdex***.

On commence par définir le dossier qui accueillera le fichier wav issu de la conversion du fichier mp3.

Pour cela, dans la barre de menu, on choisit « **Options** > **Configuration** » :



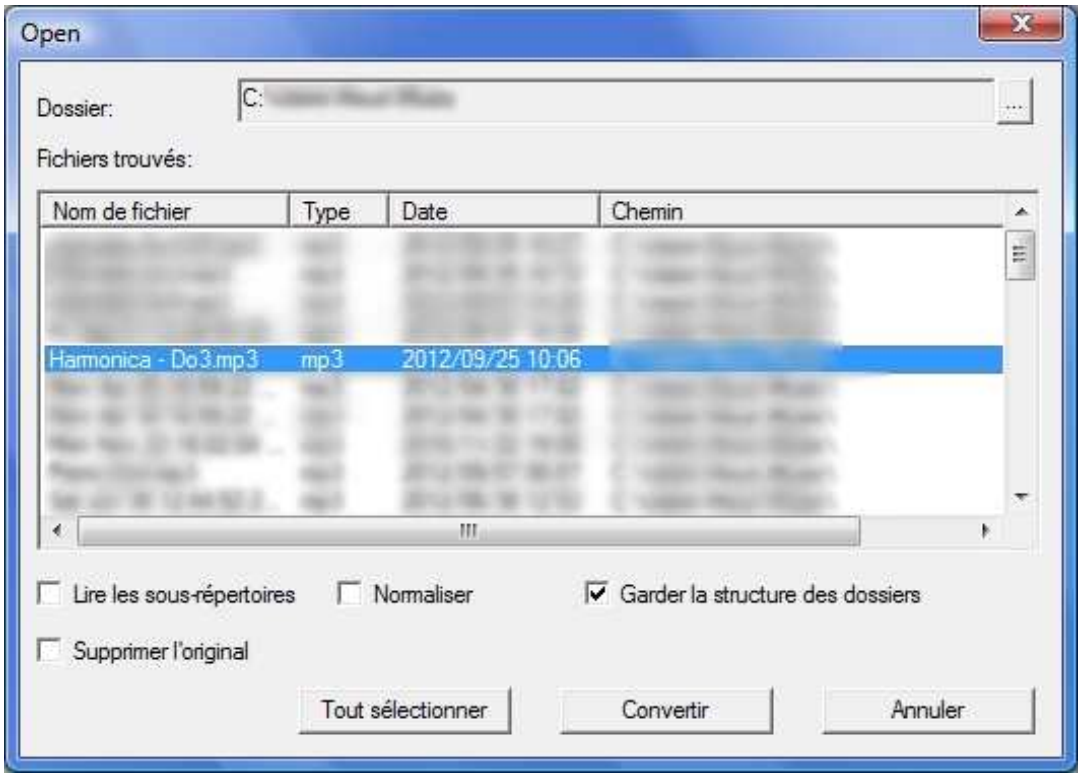
Dans la fenêtre qui apparaît, sélectionner à gauche dans le menu « **Noms de fichiers** ».



On peut alors modifier le dossier de destination des fichiers wav créés grâce au bouton entouré en rouge sur la capture d'écran ci-dessus.
Valider avec le bouton « **OK** ».

On appuie ensuite sur le bouton :

La fenêtre suivante apparaît :



- On choisit alors le dossier dans lequel se trouve le fichier mp3.
- On le sélectionne.
- On appuie sur le bouton « **Convertir** ».

Le fichier mp3 a été converti en wav dans le dossier que vous avez choisi dans les paramètres de ***Cdex***.

5. Comment enregistrer toutes les notes d'une octave ?

Le déroulement est le même : au lieu de jouer une seule note, on joue toutes les notes (13) de l'octave espacées de quelques secondes.
Freecorder enregistre alors 13 fichiers différents triés dans l'ordre 1, 2, 3 etc dans le nom du fichier.
C'est lorsqu'il faut enregistrer plusieurs notes à la suite que ***Freecorder*** est vraiment pratique.

On obtient alors 13 fichiers qu'il faut ensuite renommer un à un…

III/ Exploitations possibles des enregistrements :

A/ Analyser un son musical :

Pour analyser le son enregistré on va utiliser ***Acquisonic***.

- On lance ***Acquisonic***
- On choisit ensuite « **Fichier > Importer Wav** ». (Cf Capture)

(Attention de ne pas choisir Format > Ouvrir. Par cette commande on n'a uniquement accès aux fichiers provenant d'enregistrements effectués avec Acquisonic (fichier .azk))

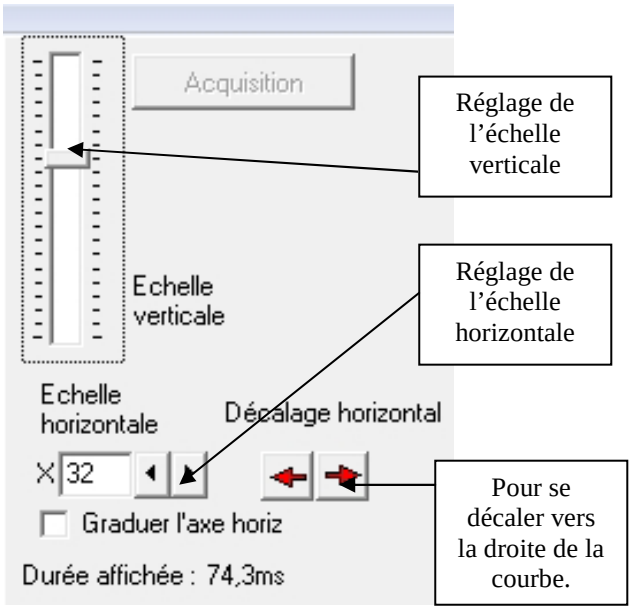
On sélectionne alors le fichier Harmonica-Do3.wav

Pour exploiter correctement ce signal il faut :

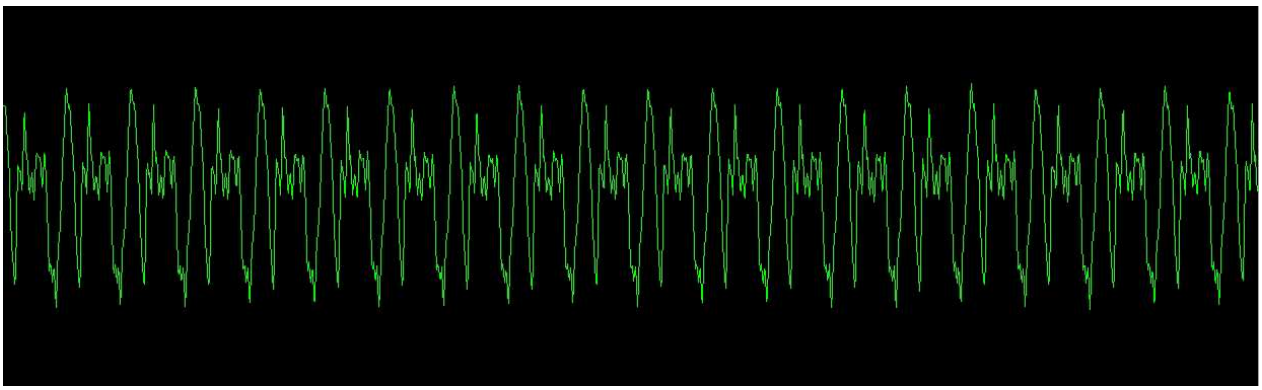
→ Régler l'échelle verticale

→ Régler l'échelle horizontale en allant jusqu'à la valeur « 32 ».

→ Se décaler vers la droite de la courbe pour obtenir un signal le plus « régulier » possible.



On obtient ainsi le signal suivant :

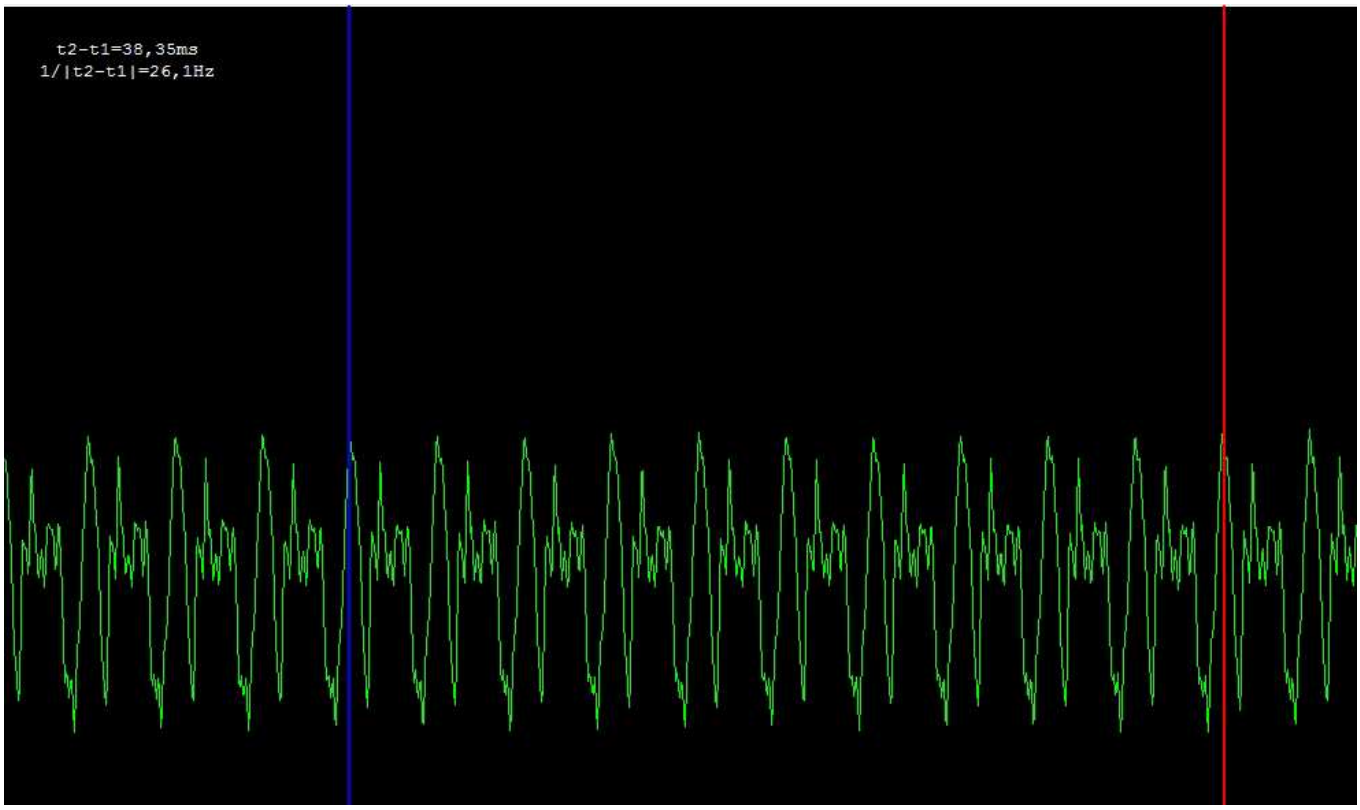


On peut déjà se rendre compte que le signal est périodique mais non sinusoïdal. On a donc un son complexe.

On peut alors déterminer sa fréquence par deux méthodes différentes :

1. On mesure la durée de 10 périodes T à l'aide des curseurs (« **Etude du signal > Curseurs-sélecteurs** »).

2 curseurs apparaissent, on les positionne de façon à lire 10 T :

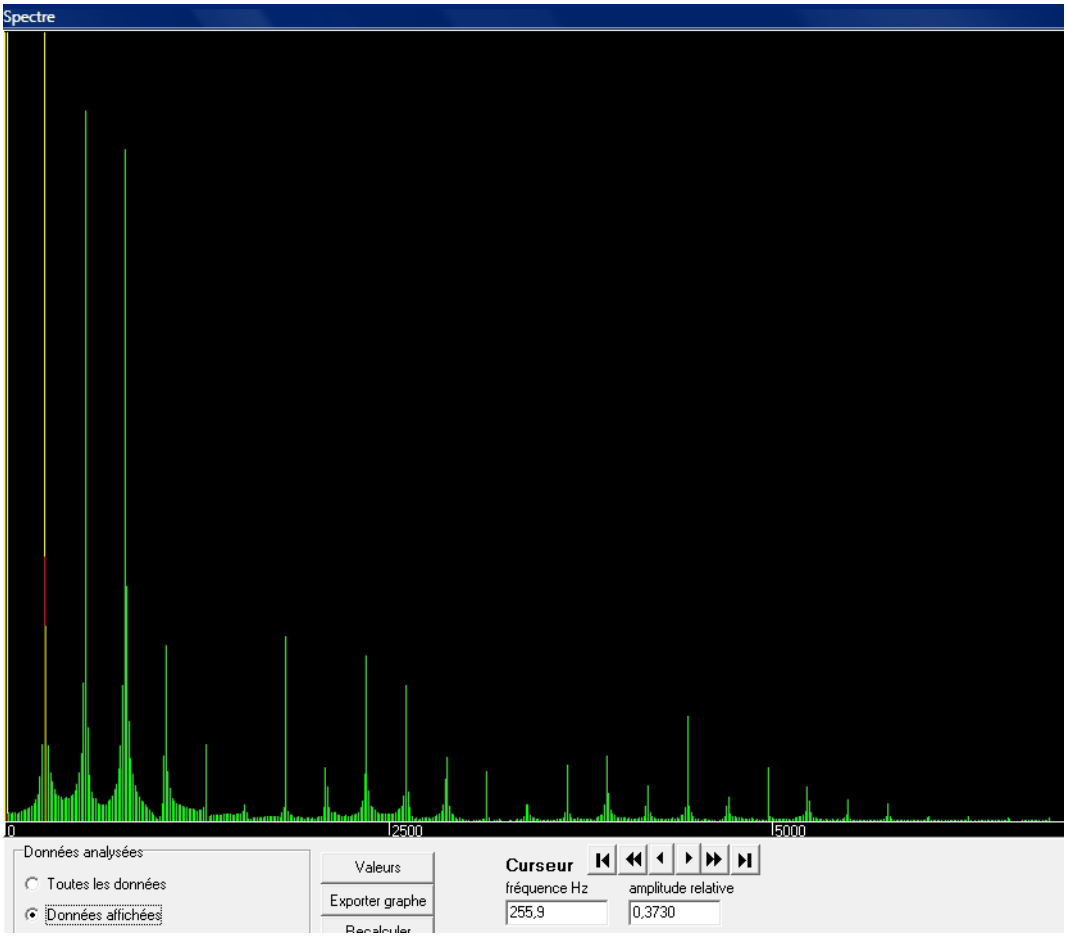


Le logiciel nous donne l'écart de temps entre les deux curseurs : $t_2 - t_1 = 38{,}35$ ms (F = 26,1 Hz)

On peut en déduire facilement $T = 3{,}835.10^{-3}$ s donc **f = 260,7 Hz**.

On aurait pu aussi directement calculer f : **f = 10.F = 10×26,1 = 261 Hz.**

2. Cette fréquence peut être déterminée en effectuant l'analyse spectrale (« **Etude du signal > spectre** ») :



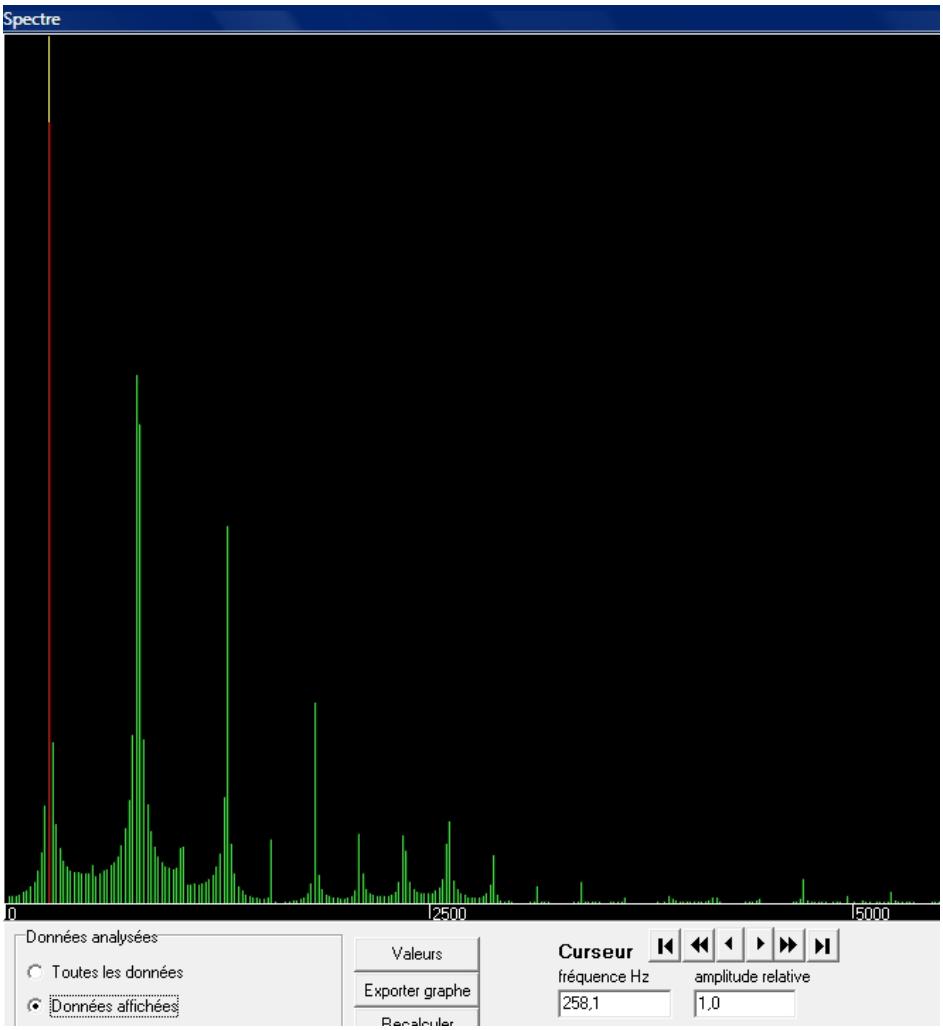
Grâce aux flèches « **Curseur** », on se positionne sur le signal fondamental et on trouve : **f = 266 Hz**. (Moins de 2% d'écart avec la valeur précédente.)

Devant les élèves, on peut alors parler des harmoniques.
On peut aussi, grâce au curseur, déterminer :
f_2 = 525 Hz = 2f
f_3 = 781 Hz = 3f etc.

B/ Hauteur et timbre :

Pour illustrer le fait que 2 instruments qui jouent la même note ont la même hauteur mais pas le même timbre on peut utiliser le fichier « clarinette-Do3.wav », (Do 3 jouée par une clarinette.)

Analyse spectrale :



Les deux instruments jouent la même note, ils ont alors la même hauteur caractérisée par la fréquence du signal fondamental : (266 Hz pour l'harmonica et 258 Hz pour la clarinette soit 2% d'erreur).

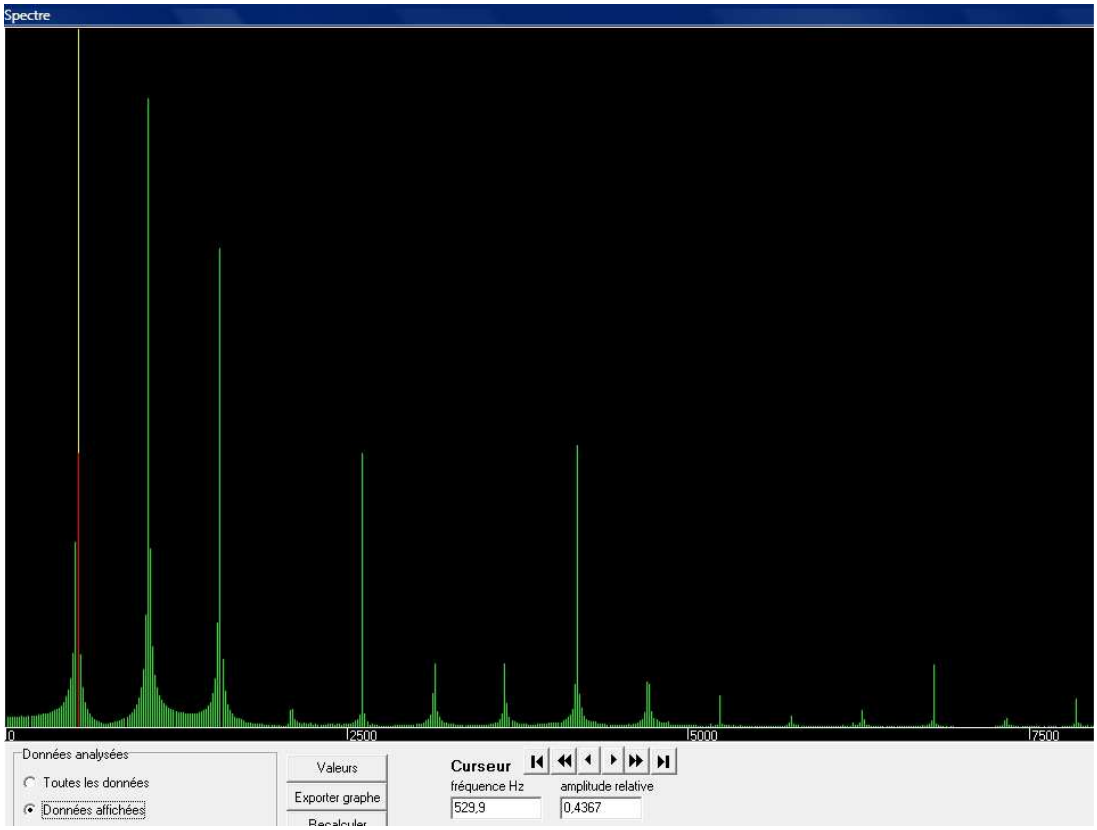
Ils n'ont pas le même timbre : l'allure du signal n'est pas le même ce qui est confirmé par les amplitudes des harmoniques qui sont différentes.

C/ Changement d'octave :

De la même manière on peut utiliser le fichier « **harmonica-Do4.wa**v » pour montrer que $f_{Do4} = 2f_{Do3}$.

L'analyse spectrale donne $f_{Do4} = 529{,}9$ Hz
Or $2f_{Do3} = 2 \times 266 = 532$ Hz (moins de 1% d'erreur)

Capture d'écran pour l'analyse spectrale du Do 4 (harmonica) :



On peut aussi utiliser le fichier « **harmonica-Do5.wa**v » :

Par analyse spectrale f_{D05} = 1039 Hz
Or $2f_{Do4} = 2 \times 529{,}9 = 1059$ Hz (2% d'erreur)

D/ La gamme tempérée :

Une autre exploitation possible est de vérifier les fréquences de la gamme tempérée en travaillant sur la 3ème octave par exemple.

Pour cela on va utiliser les fichiers « clarinette.wav » de la 3ème octave.

Note	Do 3	Do#	Ré	Ré#	Mi	Fa	Fa#
f (Hz) Théoriques	261,63	277,18	293,66	311,13	329,63	349,22	369,99
f (Hz) d'après mesure de T	261	277	293	311	329	348	370
f(Hz) (analyse spectrale)	258,1	277,1	300,0	315,8	333,3	345,7	371,3

Note	Sol	Sol#	La	La#	Si	Do 4
f (Hz) Théoriques	392,00	415,30	440,00	466,16	493,88	522,66
f (Hz) d'après mesure de T	392	414	440	465	494	522
f(Hz) (analyse spectrale)	391,1	410,3	434,5	463,8	493,3	526,7

La note Do et la note Ré sont séparées par 1 ton.
Entre Do et Do# il y a un demi ton.
Ceci est valable pour toutes les notes sauf :

- Mi et Fa qui ne sont séparées que par ½ ton.
- Si et Do (octave du dessus) qui ne sont séparées que par ½ ton

La gamme tempérée est caractérisée par un rapport constant entre les fréquences, ce rapport est égal à $2^{(1/12)} = 1{,}059$, il correspond alors au saut en fréquence d'un demi ton au demi ton suivant.

Les notes séparées d'un demi-ton ont des fréquences dont le rapport vaut $2^{(1/12)} = 1{,}059$.

Exemple : $\frac{f_{sol\#}}{f_{sol}} = \frac{415,30}{392,00} = 1,059$ ou $\frac{f_{Fa}}{f_{Mi}} = \frac{349,22}{329,63} = 1,059$

Les notes séparées d'un ton ont des fréquences dont le rapport vaut $2^{(1/6)} = 1{,}122$.

Exemple : $\frac{f_{Mi}}{f_{Ré}} = \frac{329,63}{293,66} = 1,122$

On peut donc proposer aux élèves un texte qui explique le principe de la gamme tempérée.
On leur demande quelques valeurs des fréquences à l'aide des fichiers wav puis de vérifier les valeurs des rapports des fréquences des notes entre elles avec la petite subtilité des tons et demi-tons.

Matthieu Brivet
http://mbrivet.free.fr